

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА КУРОРТЕ ШИРА

А. А. ВОРОБЬЕВ и Д. Н. ПОПОВ

### Введение

Солнце является главным источником энергии, поступающей на землю из мирового пространства. За пределами атмосферы на 1 кв. см в минуту, в виде лучистой энергии, солнце доставляет приблизительно 1,95 калорий. Эта величина называется солнечной постоянной. Поток лучистой энергии частично проходит сквозь толщу атмосферы, испытывая при этом некоторое рассеяние и поглощение атмосферой, и частично отражается обратно в мировое пространство. Часть, дошедшая до земной поверхности, определяется формулой

$$I = I_0 p^m,$$

где  $I_0$  — солнечная постоянная,  $p$  — коэффициент прозрачности атмосферы,  $m$  — толщина слоя атмосферы, проходимого лучом (принимая за единицу длины путь луча, падающего вертикально).

Количество лучистой энергии, доставляемое поверхности земли солнцем, называется инсоляцией, или радиацией. Иногда отличают радиацию от инсоляции, подразумевая под последней количество тепла, падающего на горизонтальную поверхность пропорционально синусу высоты солнца.

Отрасль науки, занимающуюся исследованиями лучистой энергии солнца, принято называть актинометрией. Начало строго научной актинометрии положил О. Д. Хвольсон своими работами, проделанными в Слуцке в 1890 г. Однако актинометрические измерения долго не получали достаточно широкого развития. 25 лет назад систематические измерения солнечной радиации проводились лишь в нескольких точках земного шара. У нас в СССР построена сеть стандартных актинометрических пунктов.

В работе излагаются результаты исследований <sup>1)</sup> актинометрического пункта, организованного в 1940 г. кафедрой физики Томского политехнического института им. С. М. Кирова, для обслуживания гелиотерапевтических мероприятий солярия при курорте Шира. Полученные результаты могут дать некоторый материал для актинометрической характеристики микроклимата курорта Шира.

### Аппаратура и метод исследования

Для измерения прямой солнечной радиации нами применялся пиргелиометр Онгстрема, изготовленный мастерской кафедры физики, и термостолбики с паспортами. Рассеянную солнечную радиацию предполагалось измерять фотоэлементами. Для подсчета облачных и солнечных часов имел-

<sup>1)</sup> Измерения производились Д. Н. Поповым

ся гелиограф. Кроме этих приборов, на актинометрическом пункте имелись барографы, гигрометр, анемометр и различные термометры.

Термостолбик был установлен в трубе теодолита после удаления из последнего оптики. Такая установка, во-первых, позволяла быстро производить измерения напряжения прямой солнечной радиации с полной гарантией того, что лучи падают на термостолбик нормально и, во-вторых, позволяла с большой точностью определять высоту солнца над горизонтом.

Из сопоставления показания термостолбика и компенсационного пиргелиометра Онгстрема, при одновременном облучении обоих приборов солнечной радиацией, была определена постоянная пиргелиометра. В основу определения были взяты паспортные значения показаний термостолбика.

Измерения проводились ежедневно от восхода до захода солнца с 24 июня по 14 июля. Через каждые 15 минут определялись: 1) температура воздуха (в тени), 2) температура земли (на глубине 5 см), 3) скорость ветра и, если солнце не было закрыто облаками, интенсивность прямой солнечной радиации.

Каждые три часа на метеорологической площадке курорта по психрометру Августа определялась абсолютная влажность.

Барографы и гигрографы давали непрерывную запись барометрического давления и относительной влажности.

Компенсационный пиргелиометр использовался раз или два в день для периодического контроля показаний гальванометра, поставленного в цепи термостолбика. Измерения, получаемые при одновременном облучении пиргелиометра и термостолбика, в пределах погрешностей наблюдений совпадали.

Систематических измерений рассеянной солнечной радиации организовать не удалось по причине недостаточной чувствительности имевшихся гальванометров.

### **Изменение интенсивности прямой солнечной радиации в зависимости от разных факторов**

Количество солнечной лучистой радиации, достигающей поверхности земли, зависит: 1) от излучательной способности солнца, т. е. от вышеупомянутой солнечной постоянной; 2) от изменения расстояния между землей и солнцем; 3) от изменения прозрачности атмосферы; 4) от угла падения радиации.

Значения солнечной постоянной, найденные различными исследователями, близко совпадают. Однако упомянутое нами во введении  $1,95 \text{ кал/см}^2 \text{ мин.}$  следует считать только средним значением величины, которая испытывает некоторые колебания. Причины, вызывающие колебание солнечной постоянной, еще точно не установлены. Одна из причин—наличие солнечных пятен—может вызывать снижение солнечной постоянной до 5%. Совокупность остальных причин вызывает колебания много меньшие.

Изменение расстояния между землей и солнцем приводит к периодическому (годовому) изменению солнечной постоянной, которое всегда может быть заранее вычислено. Если значение солнечной постоянной для среднего расстояния будет взято за единицу, то для 1 января солнечная радиация уменьшается на 3,4%, а для 1 июля увеличивается на 3,5%.

Прозрачность атмосферы зависит от длины пути, проходимого лучами в атмосфере, точнее—от „массы“ газов, сквозь которые прошли лучи, от влажности атмосферы и от засоренности атмосферы пылью. „Масса“ атмосферы, проходимая солнечным лучом, определяется в основном высо-

той солнца над горизонтом и, в некоторой степени, барометрическим давлением. Соотношение между высотой солнца и путем луча в атмосфере, из чисто геометрических соображений, может быть выражено табл. 1.

Таблица 1

90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	5°	3°	1°	0°
1,00	1,02	1,06	1,15	1,30	1,55	2,00	2,90	5,60	10,40	15,36	29,96	35,40

Чем больше путь луча в атмосфере, тем больший процент проходящей лучистой энергии оказывается поглощенным или рассеянным.

Водяные пары поглощают главным образом инфракрасную часть солнечной радиации. Зависимость интенсивности поглощения солнечной радиации от количества водяного пара многократно исследовалась и хорошо установлена. Согласно наблюдениям, полученным в Слуцке, для высоты солнца в 30° зависимость между напряжением солнечной радиации, прошедшей атмосферу, и абсолютной влажностью представлена табл. 2.

Таблица 2

Напряжение радиации в кал	Абсолютная влажность
1,35	2,8
1,25	4,8
1,15	6,4
1,05	8,7
0,95	11,6

Для одной и той же высоты солнца изменения в количестве водяных паров, находящихся в атмосфере, могут сильно изменять количество лучистой энергии, доходящей до земной поверхности. Влияние всех остальных факторов, могущих вызывать колебания в доходящей до нас радиации, менее существенно.

Таким образом, дневной ход изменения солнечной радиации должен в основном определяться длиной пути лучей в атмосфере и изменениями абсолютной влажности.

### Наблюдения над дневным ходом изменения прямой солнечной радиации

Дневной ход изменения солнечной радиации за 24 июня показан на рис. 1. Снижение плавного хода кривой после полудня объясняется накоплением в озерной котловине курорта водяных паров, к вечеру отнесенных ветром. Это объяснение полностью подтверждается прямыми измерениями абсолютной влажности (в 12 ч.—5,1 и в 15 ч.—7,8). Как видно из графика, прямая солнечная радиация с поднятием солнца над горизонтом быстро возрастает и уже к 7 ч. превышает 1 кал/см<sup>2</sup>мин. Максимальная величина радиации в 1,2 кал достигается в полдень.

Графики рис. 2, 3, 4 также иллюстрируют дневные изменения солнечной радиации. Рис. 2—в тихий безветренный день 28 июня, в первой половине—облачный. Здесь очень резко выступает микроклиматическая осо-

бенность курорта Шира, заключающаяся в том, что переход от почти сплошной густой облачности к совершенно ясной погоде совершается резко. Из рис. 2 и 8 по тем же признакам, что и на рис. 1, можно заклю-

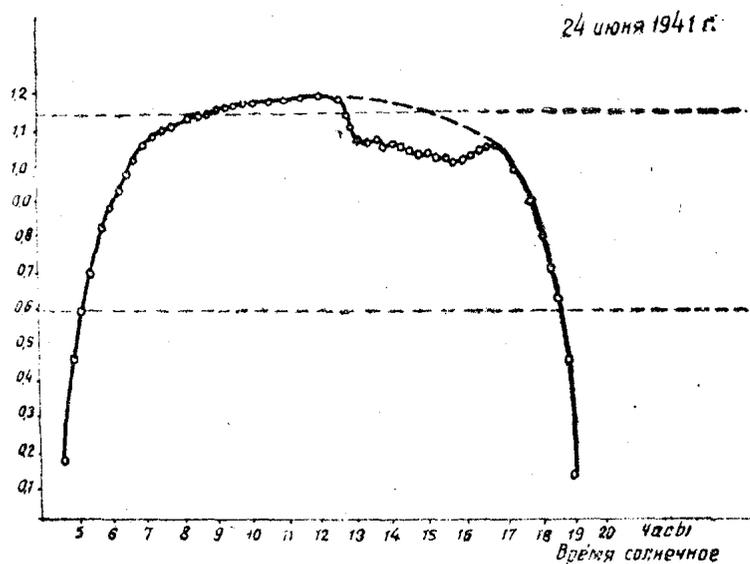


Рис. 1

чить, что в озерной котловине курорта, при штилевой погоде, легко накапливаются водяные пары.

Резкость перехода от ясной погоды к густой облачности и даже дождю наглядно показана на рис. 3 и 5. 27 июня начался дождь, спустя 15

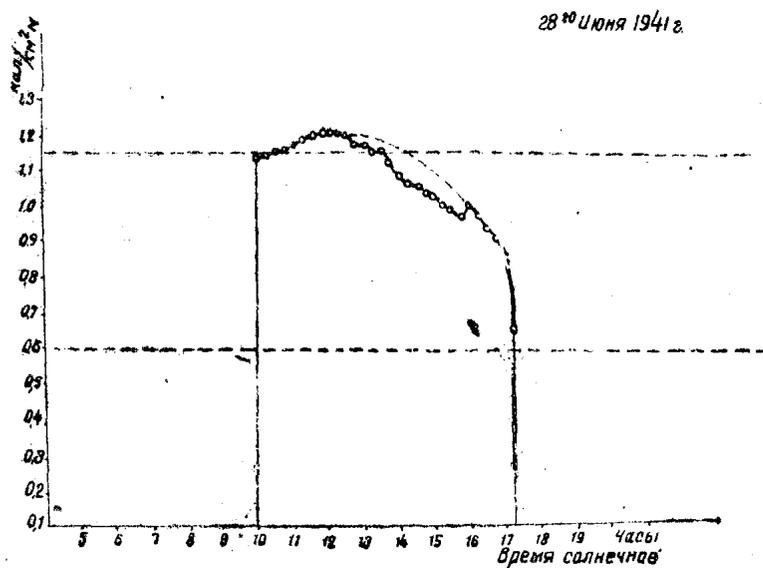


Рис. 2

минут после того, как небо в течение 4 часов было почти свободно от облаков. 3 июля начался дождь, спустя 20 минут после появления первой облачности.

Рис. 5 дает характеристику дневного хода солнечной радиации за 30 июня, в день с редкой лучевой облачностью. Таких дней за период работы актинометрического пункта было большинство. Только три дня—24 июня, 10 и 11 июля были совершенно безоблачными. В течение 5 дней

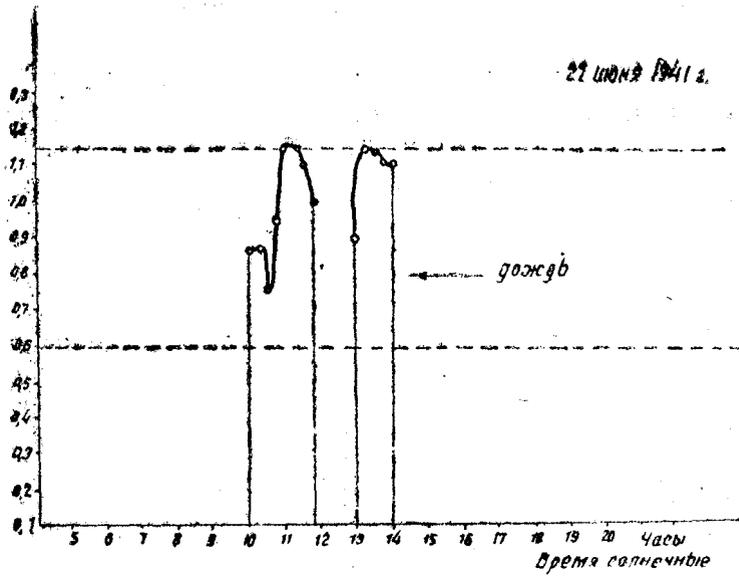


Рис. 3

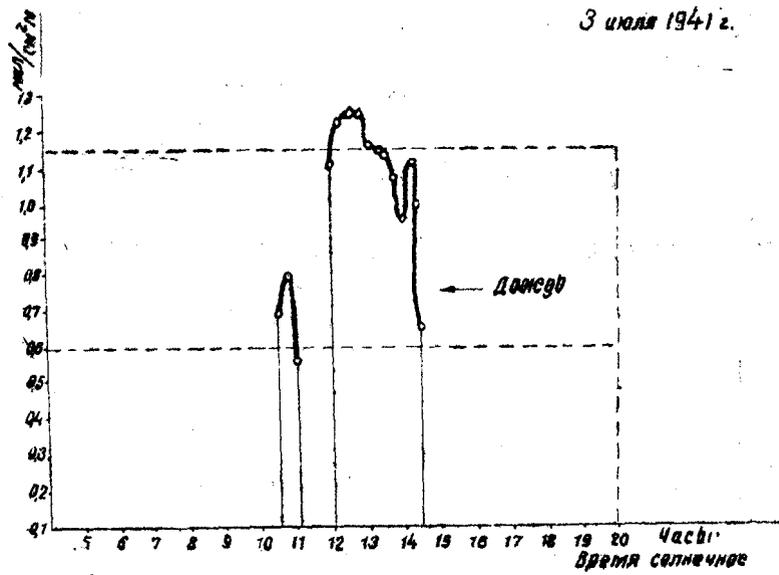


Рис. 4

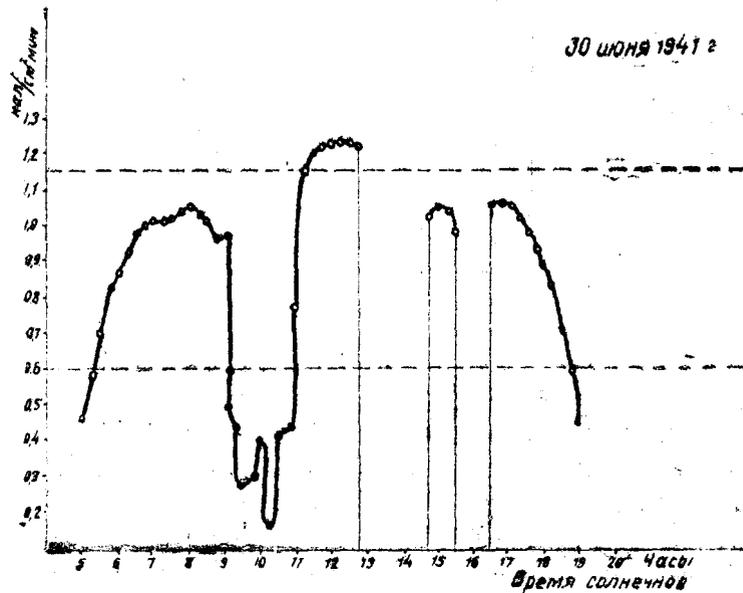


Рис. 5

наблюдалась сплошная облачность, рис. 6 иллюстрирует один из таких дней.

Согласно показаниям гелиографа, из 315 часов, в течение которых проводились наблюдения, 139 часов, т. е. 44%, солнце было закрыто облаками. По отзывам постоянных местных жителей такая пасмурность пого-

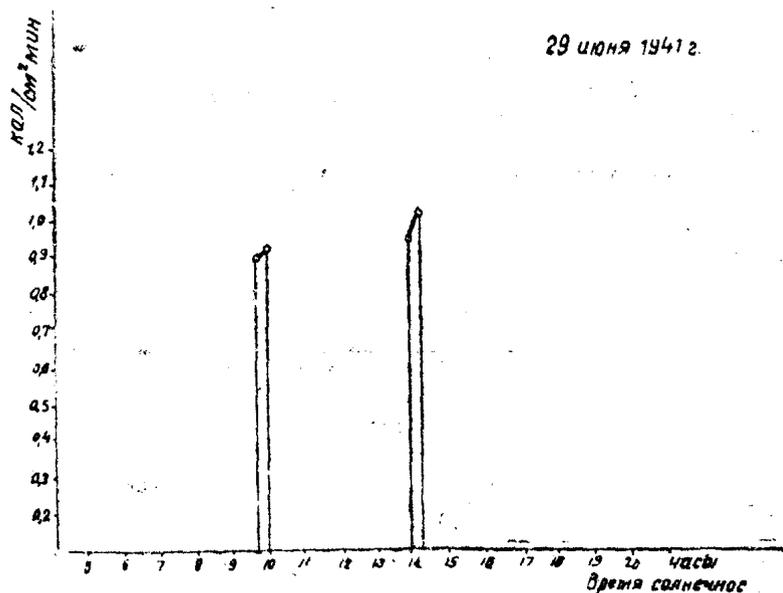


Рис. 6

ды в это время года является необычной. Из этого следует, что полная характеристика процентного количества солнечных часов могла бы быть получена лишь в итоге многолетних систематических наблюдений.

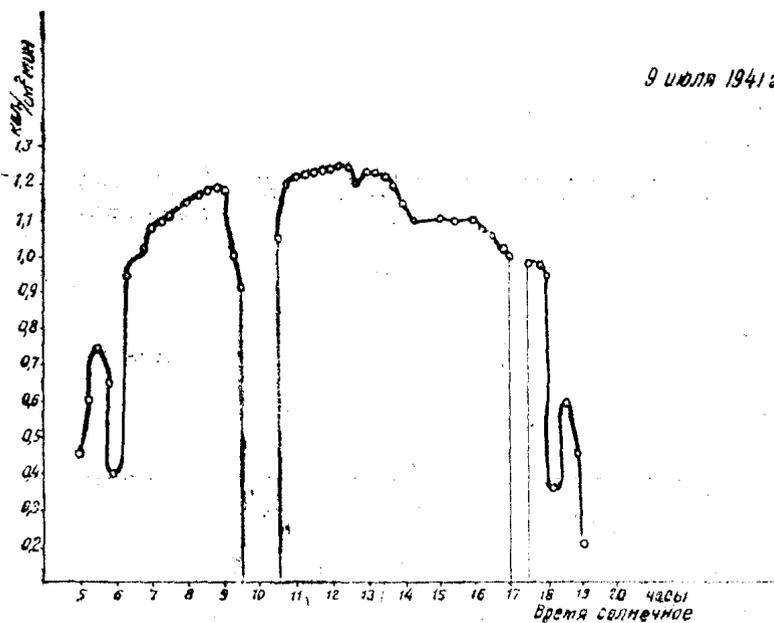


Рис. 7

Максимальная величина солнечной радиации в  $1,24 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$ , при нормальном падении на поверхность, была наблюдена в почти безоблачный, слегка ветреный день 9 июля 1941 г. (рис. 7). Высота солнца над горизонтом была  $50^{\circ}40'$ , абсолютная влажность 4,3. Почти для такой же высоты солнца в Слуцке 1 июля, за много лет наблюдений, получена мак-

симальная интенсивность солнечной радиации  $1,31 \text{ кал/см}^2\text{мин}$ . Величина абсолютной влажности, к сожалению, не указана. Следует отметить, что географическая широта обоих пунктов отличается немного. Для Слуцка— $53^\circ$ , курорта Шира— $54^\circ 41'$ , совпадение довольно близкое. Не исключена возможность того, что при многолетней продолжительности наблюдений

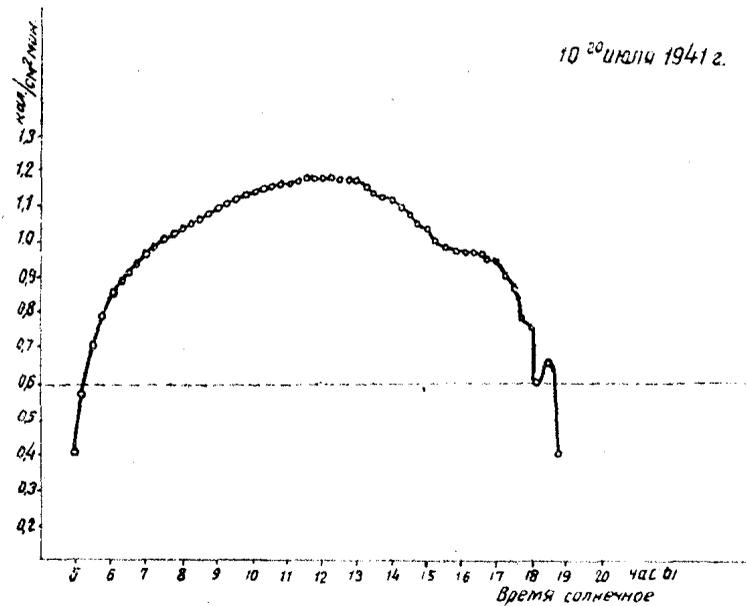


Рис. 8

7863 на курорте в июле может быть получена максимальная величина, несколько превышающая наблюденное значение  $1,24 \text{ кал/см}^2\text{мин}$ .

За время, в течение которого проводились наблюдения, в достаточно ясные дни, для близкого к полудню времени, солнечная радиация имела чаще всего значения в интервале  $1,12-1,22 \text{ кал/см}^2\text{мин}$ . Абсолютная влажность воздуха была  $4,8-7,5$ .

## Выводы

Опыт работы актинометрического пункта, несмотря на малую продолжительность наблюдений, позволяет сделать некоторые заключения.

1. Микроклимат курорта Шира характеризуется прежде всего чрезвычайно резкими изменениями погоды. Переход от солнечной погоды к дождливой и обратно происходит внезапно, за очень малые промежутки времени. Так же резки и внезапны переходы от штилевой к ветреной погоде.

2. При солнечной тихой погоде в озерной котловине курорта легко скопляются излишки влаги, снижающие напряжение падающей солнечной радиации.

3. Прямая солнечная радиация в июне и июле на курорте Шира в большом интервале времени (от 8 до 16 ч.) превышает  $1 \text{ кал/см}^2\text{мин}$  и достигает максимума  $1,24 \text{ кал/см}^2\text{мин}$ . Следует отметить, что на крымских курортах наблюдаются значения радиации того же порядка.

В заключение мы считаем приятным долгом выразить глубокую благодарность научному руководителю курорта Шира профессору

**К. Н. Завадовскому** за помощь в организации работы и доценту Д. Д. Саратовкину за помощь в обработке полученных результатов.